

FFI RAPPORT

UBEMANNET LUFTROM – Teknologispill til FS 07

ØSTBØ Morten, BAKSTAD Lorns Harald

FFI/RAPPORT-2006/01319

**UBEMANNET LUFTRUM – Teknologispill til
FS 07**

ØSTBØ Morten, BAKSTAD Lorn Harald

FFI/RAPPORT-2006/01319

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2006/01319	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 39
1a) PROJECT REFERENCE FFI-1/874/911	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE UBEMANNET LUFTRØM – Teknologiinnspill til FS 07 UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS – Technology input to FS 07		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) ØSTBØ Morten, BAKSTAD Lorn Harald		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH:		
a) <u>UAS</u>		IN NORWEGIAN:
b) <u>UAV</u>		a) <u>UAS</u>
c) <u>Unmanned</u>		b) <u>UAV</u>
d) <u>Aircraft</u>		c) <u>Ubemannet</u>
e) <u>Systems</u>		d) <u>Luftfarkoster</u>
		e) <u>Systemer</u>
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT Although human operators are an indispensable element in military aviation today, they are already partly dispensable in many functions. Indeed humans are becoming the limiting factor for further improvements in aerial vehicle performance. UAS – Unmanned Aircraft Systems – are systems that employ unmanned aerial vehicles, but are still manned systems. The removal of human operators from the vehicles themselves presents new conceptual and architectural possibilities to both civilian and military exploitation of the airspace. Existing systems occupy a wide range in system complexity, air vehicle cost, size, sophistication and performance. A great many new systems can be expected in the years to come, including, and perhaps especially interesting, micro air vehicles (MAV) and unmanned combat aerial vehicles (UCAV). The motivations for developing and fielding UAS include performance improvements, cost savings, reduced political cost through elimination of aircrew losses, greater battlefield availability of airborne resources, and reduced risk of poor operator performance under stress and fatigue. The potentially great implications of the transition to unmanned aviation dictate an active involvement from an early stage. The greatest challenges to a leading position in the manned-to-unmanned transition stem from cultural inertia, scepticism towards venturing into unfamiliar technology and not least from the very great stress on budgets which is now experienced by the armed forces. In the long term, there is little doubt that unmanned aircraft systems will become prevalent.		
9) DATE 2006-06-09	AUTHORIZED BY This page only Jan Erik Torp	POSITION Director

ISBN 82-464-1018-0

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOOLD

	Side	
1	SAMMENDRAG	7
2	INNLEDNING	9
3	UBEMANNEDE FARKOSTER, BEMANNEDE SYSTEMER	9
3.1	Ulike betegnelser	9
3.2	Hva er ubemannede luftfarkoster?	10
3.3	Systemene er ikke ubemannede	11
4	MOTIVASJONENE FOR UBEMANNEDE PLATTFORMER	12
5	DRIVKREFTER FOR UTVIKLING	14
6	AKTUELLE PROGRAMMER OG TRENDER	16
7	UTFORDRINGER	17
7.1	Politiske, juridiske og etiske forhold	17
7.2	Kommunikasjon	18
7.3	Informasjonsbehandling	19
7.4	Kommando og kontroll	20
7.5	Pålitelighet og sårbarhet	21
7.5.1	Tap av kommunikasjon	22
7.5.2	Vær – begrensnig og mulighet	22
8	INTEROPERABILITET	23
9	ANVENDELSER	24
10	OVERGANG TIL UBEMANNET LUFTROM I NORGE?	25
10.1	Kulturarv og økonomi bestemmer farten	25
10.2	En visjon er ikke nok	26
10.3	Transformasjon, kost-nytte og UAS	27
10.4	Utvikling av UAS og delteknologier i Norge	28
11	KOSTNADSOVERSLAG	29
11.1	Valgte alternativer	29
11.2	Kostnadsberegninger	30
11.2.1	Forutsetninger	31
11.2.2	Kostnader – tall og figurer	32
11.2.3	Kvalitative implikasjoner i forsvarsstrukturen	34
12	KONKLUSJON	36

APPENDIKS

A	UAS KLASSE	37
	Litteratur	39

UBEMANNET LUFTRUM – Teknologispill til FS 07

1 SAMMENDRAG

Tittelen "Ubemannet luftrom" refererer til utnyttelse av luftrommet gitt luftfarkoster uten bemanning ombord. Betegnelsen "UAS" (Unmanned Aircraft Systems) er nylig innført, og blir brukt i dette dokumentet om et system som helhet. "UA" (unmanned aircraft) brukes om selve plattformen(e).

UAS-konseptene – eksisterende og tenkte – spenner vidt i størrelse, form, ytelser, kompleksitet og kostnad. Det eneste som prinsipielt skiller UA fra bemannede luftfarkoster er fraværet av mannskap om bord i selve plattformene. Ubemannethet og utviklingen innen IKT muliggjør en større konseptuell frihet for fremtidige luftmaktsverktøy, og forsvarsstrukturen som helhet, sammenlignet med den bemannede luftfartsarven.

Det finnes flere ulike motivasjonsfaktorer for utvikling og anskaffelse av ubemannede farkoster: politiske, økonomiske og ytelsesrelaterte.

Utviklingen innen UAS er både sivilt og militært drevet. Miljøene som opererer UAS har hovedsakelig vært militære til nå, men sivile anvendelser øker sterkt i aktualitet. Sivil bruk vil kunne bli like omfattende som den militære på lang sikt, gitt løsninger innen luftromskontroll.

Det er utviklet svært mange ulike ubemannede farkoster med bakkeetasjer. De færreste systemer har kommet i operativ bruk, eller nådd tilstrekkelig modenhet. Den betydeligste aktiviteten rundt UAS foregår i USA, men en rekke andre land har systemer i drift og under utvikling.

Mange relevante problemstillinger som diskuteres i sammenheng med UAS er ikke relatert spesifikt til "ubemannethet". De er felles for sensorsystemer, våpensystemer og nettverksbasert forsvar generelt. Situasjonsbevissthet og utnyttelse av sensornyttelaster, uten menneskelig fysisk tilstedeværelse i farkoster, er viktige tema som er unike for ubemannethet.

Fravær av bemanning ombord i farkoster har virkninger på psykologisk og politisk plan i militære operasjoner. Det virker ikke sannsynlig at ubemannede plattformer skal føre til større problemer i forhold til folkeretten enn dagens bruk av bemannede plattformer gjør.

Datakommunikasjon med tilstrekkelig kapasitet og sikkerhet er en felles utfordring, og svakhet, for alle sensorplattformer – bemannede og ubemannede – men er særlig kritisk for ubemannede farkoster på kort sikt. Tilgjengeligheten av kommunikasjonskapasitet vil øke og behov vil kunne reduseres gjennom ny teknologi på lang sikt. Datakommunikasjon er en begrensende faktor på kort sikt, og fordyrer anskaffelse og drift av UAS betydelig. Dette er spesielt tilfelle dersom

robusthet mot terrenghindringer skal realiseres med reléfarkoster eller SATCOM.

Ubemannede farkoster har generelt vært plaget av lavere pålitelighet, og høyere sårbarhet for vær og motmidler, enn bemannede. Umoden teknologi, uerfarent personell og krav om lav kostnad bidrar til dette. Den generelle trenden antyder at forskjellene i pålitelighet og sårbarhet mellom bemannede og ubemannede farkoster vil bli små på lang sikt. Dette henger sammen med økende modenhet og økende kostnader. Både pålitelighet og sårbarhet er funksjoner av kostnad.

UAS er inne i en utvikling bort fra ”stove pipes” til systemer som er integrert i en helhet gjennom nettverk, og som i større grad følger standarder.

I det store perspektivet med militær transformasjon, NbF og EBO, blir satsing på ubemannet luftrom et interoperabilitetsspørsmål. Interoperabilitet kan være en sterk motivasjon for å satse på UAS i Norge, uavhengig av hvorvidt det er kost-effektivt for vår forsvarsstruktur i et snevrere perspektiv.

UAS kan anvendes på strategisk, operasjonelt og taktisk nivå, som bærere av sensorer, våpen, og kommunikasjonsutstyr. De kan erstatte, supplere og komplementere bemannede plattformer. Ubemannede farkoster kan i prinsippet (sannsynligvis) brukes til å løse alle de oppgaver man i dag bruker bemannede farkoster til. De kan samtidig introdusere nye bruksområder for luftfarkoster. Mange oppdragstyper kan ikke løses med dagens UAS. Omfattende erstatning av dagens bemannede plattformer vil kreve nye systemer.

Det er mye som tyder på at det ikke hovedsakelig er teknologi som setter grenser for valg av ubemannede løsninger for Forsvaret. Dette gjelder både UA som supplement, og som erstatning for, bemannede luftfarkoster. De viktigste hindringene for snarlig anskaffelse av UAS, og for konkret utredning av alternativer, er den kulturelle arven innenfor luftmakten og en meget sterk fokus på reduksjon av utgifter i Forsvaret.

Både kostnader og effekter ved innføring av UAS i Forsvaret er beheftet med stor usikkerhet. Mulige unntak gjelder for de aller minste og billigste systemene.

UAS representerer utvilsomt både nye operative og forsvarsstrukturmessige muligheter. Samtidig må en satsing på ubemannet luftrom konkurrere om midler med andre mulige og nødvendige investeringer. UAS overlapper delvis i funksjonsområde med noen av disse konkurrentene. Selv om budsjettpresset er stort, blir det i mange land investert betydelig i utvikling og innfasing av UAS. Dagens trender antyder at UAS vil komme stadig sterkere på banen både militært og sivilt.

Beslutningen om å satse på ubemannede systemer i Norge vil i første omgang være prinsipiell, og basert på risikovilje og på en vilje til å være blant de førende innen luftmaktstransformasjon. Det er for lite fakta, og for stor uforutsigbarhet, til å stadfeste hvorvidt UAS er en kost-effektiv vei å gå innen luftmakten for Norge. Det krever ressurser å redusere usikkerheten og å skape et godt beslutningsgrunnlag.

En gradvis og forsiktig satsing på UAS virker fornuftig, ettersom det er svært sannsynlig at UAS

vil kunne påvirke luftmaktsbruk i verden betydelig på lang sikt. En kompetanseoppbygging og kulturell tilvenning til ubemannede ressurser vil ta mange år.

På lang sikt kan dagens situasjon i forhold til argumentasjon rundt bemanning være invertert. Dvs at det vil måtte argumenteres sterkt for behovet for bemanning snarere enn for nytten av ubemannethet.

2 INNLEDNING

Det har foregått en rivende utvikling innen ubemannet luftrom de seneste ti årene. Vi har sett omfattende bruk av ubemannede farkoster i flere konflikter, blant annet i Afghanistan og Irak. Det er svært sannsynlig at innføring av flere ubemannede systemelementer vil fortsette i mange land, og at dette vil ha en stor innvirkning på operasjonskonsepter i løpet av de neste to tiårene. Det er uvisst hvorvidt vi nå ser begynnelsen på en fullstendig overgang bort fra bemannede luftfarkoster i militær sammenheng.

Denne rapporten søker å bidra til et godt grunnlag for avgjørelser vedrørende Norges eventuelle langsiktige satsing innen ubemannet luftrom. Rapporten er en av 20 rapporter om viktige teknologiområder ("Top20") som inngår i leveransene fra FFI-prosjekt 874 – Teknologi og forsvar etter 2014.

3 UBEMANNEDE FARKOSTER, BEMANNEDE SYSTEMER

Tittelen "Ubemannet luftrom" refererer til farkoster uten mannskap fysisk om bord, til deres egenskaper, til systemer som disse farkostene inngår i og til operasjon av ubemannede farkoster i luftrommet, alene eller sammen med bemannede plattformer.

3.1 Ulike betegnelser

Betegnelsen som har vært mest brukt til nå om ubemannede luftfarkoster er "UAV" – Unmanned Aerial Vehicle(s). Systemene som farkostene inngikk i har blitt referert til som UAV-systemer. OSD (Office of the Secretary of Defence) i USA har publisert en ny utgave av det som tidligere het "UAV Roadmap". De har nå innført betegnelsen UAS – Unmanned Aircraft Systems – og tittelen på utgivelsen er dermed "UAS Roadmap 2005–2030" (5). "Remotely Operated Aircraft Systems", "Remotely Piloted Vehicle", UAV mfl brukes likevel fremdeles.

Den nye betegnelsen (UAS) skal bidra til å innføre en sterkere grad av totalsystem-tankegang i en bransje der fokus hovedsakelig har vært på selve farkostene. Dette er helt i tråd med den økende graden av helhetlig systemtenkning i forsvarssammenheng generelt ("nettversbasert forsvar" – NbF, "effektbaserte operasjoner" – EBO).

Betegnelsen UAS vil heretter bli brukt i dette dokumentet om systemet som helhet, og UA om "unmanned aircraft" – selve plattformen(e). Imidlertid er UAV så innarbeidet at det enkelte steder kan være mer hensiktsmessig å bruke dette begrepet.

Det finnes mange ulike måter å dele UAS inn i undergrupper. De mest vanlige begrepene

baserer seg på en blanding av kriterier; ytelser i tilfellene HALE (High Altitude Long Endurance) og MALE (Medium Altitude Long Endurance); anvendelser i tilfellet TUAV (Tactical UAV); og form i tilfellene CML (Cruise Missile Like UAV) og SUAV (Small UAV). ”Small UAV” kan også deles inn i mini-UAS og mikro-UAS. UCAV – Unmanned Combat Aerial Vehicle – er en undergruppe av UAS som er konstruert hovedsakelig med tanke på levering av effekt. USA bruker også stedvis begrepet ”tier” (på norsk: rekke, lag) for å klassifisere UA, med inndeling fra ”tier 1” til ”tier 4”.

Som på de fleste andre områder, er mulighetene for forvirring til stede innen UAS-begreper. Eksempelvis er begrepet ”SUAV” – Soaring Unmanned Aerial Vehicle – foreslått i en FFI-rapport om utnyttelse av meteorologi og kunnskap om seilflyging til å bedre energieffektiviteten og flysikkerheten i UAS (10). Denne betegnelsen ble foreslått før begrepet ”Small UAV” ble kjent.



Figur 3.1 Noen UAS (fra øverste venstre hjørne og med klokken): Global Hawk, Aladin, Shadow 200, Seamos.

3.2 Hva er ubemannede luftfarkoster?

Den formelle definisjonen som brukes av DoD i USA for ”UAV” er:

“A powered, aerial vehicle that does not carry a human operator, uses aerodynamic forces to provide vehicle lift, can fly autonomously or be piloted remotely, can be expendable or recoverable, and can carry a lethal or non-lethal payload. Ballistic or semi ballistic vehicles, cruise missiles, and artillery projectiles are not considered unmanned aerial vehicles.”

Denne definisjonen kan diskuteres, da den utelukker både seilfly og aerostater. Luftskip er likevel tatt med i den nyeste versjonen av ”UAS Roadmap”.

Det eneste som prinsipielt skiller UA fra bemannede luftfarkoster er fraværet av mannskap om bord i selve plattformene. Ubemannede farkoster spenner vidt i størrelse, form, ytelser, kompleksitet og kostnad. Vedlegg A inneholder en oversikt over ulike klasser av UA. Grensene mellom klassene er uklare. I tillegg til denne store variasjonen i selve plattformene, kan en tenke seg mange ulike systemarkitekturer gitt en bestemt type plattform, eller kombinasjoner av ulike typer. Svermer, eller et multiplattform-konsept, er et mulig alternativ til multirolle-paradigmet i

den bemannede luftfarten. Farkoster som i seg selv er enkle eller spesialiserte kan oppnå god samlet ytelse og robusthet i nettverk.

Koblingen mellom ISR (Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) og ”UAV” er sterk i dag, til tross for at de samme sensordata – som skaffes av eksempelvis Predator og Global Hawk – også kan fremskaffes med bemannede farkoster. På grunn av krav om lav kostnad og lang utholdenhet, er de fleste av dagens UA saktegående sammenlignet med bemannede farkoster.

Fravær av mannskap om bord har viktige konsekvensene for konstruksjon, ytelser og bruk av luftfarkoster:

- ❑ Mulighet for ekstreme ytelser, fortrinnsvis manøvrerbarhet og utholdenhet
- ❑ Mulighet for liten størrelse
- ❑ Mulighet for enkelhet i konstruksjon og dermed lav kostnad
- ❑ Mulighet for å akseptere høyere tapsrisiko

Ubemannede plattformer åpner altså for noen muligheter som bemanning utelukker.

3.3 Systemene er ikke ubemannede

Det er viktig å presisere at *systemene* ikke er, og ikke nødvendigvis noen gang vil være, ubemannede. Menneskelig tilstedeværelse er simpelthen flyttet ut av plattformene. Dette er på sett og vis det neste, naturlige skrittet i forlengelsen av trenden i retning større grad av ”standoff” og automatisering som vi ser i dag.

Arkitekturen til eksisterende systemer legger ikke prinsipielle føringer på hva UAS vil kunne bli i fremtiden. Å balansere en frigjøring fra bindinger til konseptuell arv (vanetenkning) med en økonomisk og praktisk nødvendig bruk av teknologisk arv er en utfordring.

Det finnes mange ulike visjoner om fremtidige UAS-konsepter. Det finnes få eller ingen modne systemer i dag, og et ferdig system kan ikke kjøpes COTS (Commercial Off The Shelf) uten å kreve betydelig integrasjonsarbeid i forhold til støttesystemer og C4I.

Feltet ubemannet luftrom er i sin spede barndom sammenlignet med bemannet luftfart. Imidlertid begynner man nå å opparbeide en god del erfaring fra operativ bruk. Utviklingen for tap per flytime for flere av dagens mellomstore og store UAV viser at tapsratene snart vil kunne bli sammenlignbare med militære bemannede fly (5).

UCAV-konseptene spenner fra enkle, små farkoster til svært kostbare og komplekse ”kampfly-ekvivalenter”. Det amerikanske J-UCAS vil (dersom realisert) antagelig operere mye på samme måte som JSF. Andre UCAV-konsepter kan innebære fjernstyring fra bemannede fly, eller svermer av farkoster som distribuerer oppgaver seg imellom.

Flere ideer er lagt frem om ombygging av bemannede kampfly, utrangerte eller nye, til ubemannede eller valgfritt bemannede versjoner (f eks LMTAS F-16 A/C UCAV). Et slikt ”scrapyard” alternativ (eller ”interim UCAV”) innebærer mindre risiko og kortere utviklingstid enn en ”clean slate” løsning, samtidig som den vil kunne gi en mykere kulturell og praktisk

overgang til mer radikale konseptendringer i neste omgang (rundt 2040).



Figur 3.2 En interim UCAV løsning kan være å bygge en ubemannet versjon av et i dag bemannet fly.

Ubemannethet og utviklingen innen IKT muliggjør en større konseptuell frihet for fremtidige luftmaktsverktøy – og for forsvarsstrukturen som helhet – sammenlignet med den bemannede luftfartsarven. Den fysiske organiseringen av, og egenskapene til, UAS kan følge av en overordnet og helhetlig tilnærming til systemarkitektur som ikke er like bundet av et plattformkonsept, slik som eksempelvis kampfly eller maritime patruljefly.

4 MOTIVASJONENE FOR UBEMANNEDE PLATTFORMER

Innføring av ubemannede plattformer i forsvarsstrukturen, fremfor nye bemannede eller som supplement til disse, er motivert av muligheten for:

- å redusere faren for tap, skade og tilfangetakelse av egne mannskaper
- å redusere faren for menneskelige feil, særlig under stressende og langvarige oppdrag
- å øke plattformytelser
- å muliggjøre nye luftfarkost-konsepter
- å muliggjøre nye operasjonskonsepter
- å redusere kostnader
- å øke tilgjengeligheten av, og lokal kontroll over, luftbårne ressurser

Den mest vanlige formuleringen av motivasjoner for UAS er at ubemannethet gir fordeler i forbindelse med oppdrag som er "Dull, Dirty and Dangerous".

Tap av menneskeliv har til alle tider vært sett på som en uunngåelig konsekvens av krig. Nå finnes teknologiske muligheter til å fjerne mennesker fra slagmarken. Ubemannet luftrom har blitt en del av en visjon om den tapsløse, effektive, "humane" og anvendelige militærmakten.

I enkelte oppdragstyper er ubemannethet en helt klar fordel. Eksempelvis rekognoseringsoppdrag som innebærer overflyging av nektet luftrom, og der nedskytning og tilfangetagning av mannskap er svært politisk kostbart. Et eksempel på dette er Gary Powers-episoden i Russland

på 60-tallet. ”Gary Powers-faktoren” (politisk kostnad) har vært drivende for USA når det gjelder satsing innen UAS. For land som ikke ønsker å bruke luftmakten til sammenlignbare politisk følsomme oppdrag som USA, er denne faktoren kanskje ikke like viktig.

Det er likevel sannsynlig at eventuelle tap av norske piloter i utenlandsoperasjoner ville ha konsekvenser for villigheten til å bidra i slike operasjoner i fremtiden. Muligheten for Norge til å bidra i internasjonale operasjoner kan derfor være sterkere dersom bidragene innebærer ubemannede farkoster enn om det dreier seg om bemannede fly eller andre bidrag med høy risiko. Så lenge Norge vektlegger deltagelse i internasjonale operasjoner sterkt som virkemiddel for egen nasjonal sikkerhet, kan derfor UAS spille en viktig rolle.

Kostnaden ved luftoperasjoner, og tiden det tar å planlegge dem, er sterkt drevet av ønsket om å unngå egne tap, samt kapasitet til å håndtere konsekvensene av nedskyting. Eksempelvis er CSAR – Combat Search and Rescue – en betydelig kostnadsdriver, men også av stor psykisk betydning for flygere. Det er mulig at ubemannede ressurser kan endre noe på dette, da både den politiske og økonomiske kostnaden ved å tape plattformer uten mannskap kan være liten relativt sett.

Muligheter for større kontroll med ”organiske” UAS-ressurser (TUAV, mini-UAS) er en mulig motivasjon for avdelinger i hæren og sjøforsvaret, som kan være skeptiske til tilgjengeligheten av delte operasjonelle ressurser. For å sikre kontroll over egne operasjoner, er det vanlig å ønske seg eierskap over ressursene. Dette kan oppnås med små UAS lettere enn med bemannede fly og helikoptre, på grunn av mer kompakt infrastruktur. Eksempelvis kan et system med små TUAV fraktes i et par feltvogner, og opereres i felt uten faste installasjoner som hangar og rullebane.



Figur 4.1 Mini-UAS kan gi avdelinger egen ”organisk” luftrekognoseringskapasitet.

Redusert avhengighet av ofte vanskelig tilgjengelige flyplasser er en god motivasjon for å satse på flere, og små, luftfarkoster som kan opereres under feltmessige forhold. Deployering nær operasjonene, uten behov for opparbeidelse av infrastruktur, kan redusere tiden det tar å få en ressurs dit det er behov for den.

Gitt den informasjon som er tilgjengelig i dag, kan ikke økonomiske besparelser være den

viktigste motivasjonen for innføring av UAS i nær fremtid i Norge. Imidlertid er det flere gode argumenter for at UAS kan gi mer kosteffektive operasjoner på lengre sikt. På kort sikt ser det ut til at den politiske motivasjonen (reduisert fare for tap av personell) er viktigere.

Nødvendigheten av å ”henge med” på en konseptuell utvikling er kanskje den mest tungtveiende grunnen til å begynne en satsing på UAS til tross for tvilsom kosteffektivitet på kort sikt. Norges luftmakts flernasjonale interoperabilitet kan være avhengig av at vi er tidlig med inn i den ubemannede æra. Sist, men ikke minst, kan utviklingen innenfor luftvern- og sensorsystemer redusere overlevelsesnivåen for bemannede plattformer så betydelig i fremtiden at en overgang til nye, ubemannede konsepter er tvingende nødvendig.

5 DRIVKREFTER FOR UTVIKLING

Både teknologisk utvikling og samfunnsutvikling har bidratt til fremmarsjen av ubemannet teknologi de seneste årene. Gulfkrigene og krisene på Balkan og i Afghanistan har hatt en stor betydning for satsingen på ubemannede luftfarkoster.

De vestlige samfunnenes toleranse for tap av egne soldaters liv er lavere enn noen gang, særlig i forbindelse med krigshandlinger fjernt fra hjemlandet. Ubemannet teknologi har muliggjort bruk av militærmakt med lavere politisk risiko. Dette er en betydelig drivkraft for anskaffelser og utvikling av flere UAS. Samtidig har den teknologiske utviklingen innenfor eksempelvis informasjonsteknologi og komposittmaterialer muliggjort fremgangen gjennom bedre funksjonalitet i forhold til kostnadsnivå.

Miljøene som opererer UAS har til nå hovedsakelig vært militære. Sivile anvendelser øker sterkt i aktualitet, og vil kunne bli like viktige som de militære på lang sikt. Problematikken rundt luftromskontroll er hovedårsaken til at det sivile markedet henger en del etter det militære. Når utfordringene med luftromskontroll er løst (om anslagsvis 10 år) vil den sivile sektoren bli en sterk drivkraft for UAS-utvikling.



Figur 5.1 Den eksperimentelle Helios brukte brenselceller og solceller. Flere andre prosjekter eksperimenterer med brenselceller i mindre farkoster.

UAS er ikke lengre en ”spinnoff”-anvendelse av teknologi utviklet for andre formål. UAS er nå en stor og voksende industri, og i seg selv en sterk drivkraft for teknologisk utvikling. Stadig flere komponenter og teknologier er nå utviklet spesifikt for anvendelser innen UAS. Små motorer (som PT-50 lett jetmotor fra Turbine Technologies) utvikles nå spesielt for UA. Ellers har UA til nå benyttet stempelmotorer og elektromotorer som er tiltenkt eksempelvis snøscootere og modellfly. Autopiloter utviklet spesielt for UA kan nå kjøpes, også av sivile. Eksempler er Micropilot MP2028 og Cloud Cap Technologies Piccolo. Både militære anvendelser og det sivile hobbymarkedet har vært drivkrefter her.

Forbedringer og innovasjon innen materialer, batterier, motorer, prosessorer og kommunikasjonsteknologi er alle sentrale for videreutvikling av UAS i retning større modenhet og konkurransedyktighet. Kunnskap om samspill mellom mennesker og maskiner er også meget viktig.

Materialteknologi har betydning for energieffektivitet, robusthet og observerbarhet. Selvreparerende og deformerbare skrog kan øke overlevelsessevnen til UA, så vel som øke deres ytelser. Utviklingen innen komposittmaterialer har muliggjort lav kostnad og hurtig konstruksjon av skrog i et utall forskjellige størrelser og fasonger. Med unntak av store farkoster som Global Hawk og Helios, kan alle dagens UAV-skrog bygges ”i garasjen”.

Innenfor fremdriftssystemer er fremtidig utvikling innen brenselceller og batterier sentrale for UAS. Denne utviklingen er i stor grad sivilt, kommersielt drevet. Batterier med høy energitetthet er spesielt viktig for de små typene UA med elektriske motorer. Bærbare PC-er og mobiltelefoner er hoveddrivkraften for økt energi-vekt-forhold i batterier. Etter hvert er også hybridbiler en sterk drivkraft her. Samfunnets generelt økende interesse for alternative og fornybare energikilder og ENØK er en viktig drivkraft for delteknologier som også vil komme UAS-utviklingen til gode. Kommersielle satellitter er en viktig driver for solcelleteknologi, som også har stort potensial innen UAS.

Kommunikasjonsteknologi har en særlig sterk relevans for UAS. Inntil muligheter for autonomitet er betydelig videreutviklet og har vunnet tillit, er sikker trådløs kommunikasjon en kritisk faktor innen UAS. Elektroniske produkter for arbeid og underholdning driver både kommunikasjonsteknologi og batteriteknologi.

Prosessorteknologi har det siste tiåret hovedsakelig vært sivilt drevet på grunn av det store markedet for PC-industrien. Prosessorhastighet er svært viktig dersom ubemannede farkoster skal kunne opereres med et mindre antall personell. Ikke minst er begrensninger i kommunikasjonskapasitet en viktig drivkraft for større grad av ”intelligens” og prosessering om bord i selve farkostene.

Lobbyvirksomheten for en større andel ubemannede farkoster innen luftfarten er nå ikke bare et spørsmål om nye muligheter militært og industrielt, men også et spørsmål om å opprettholde eksisterende arbeidsplasser og forsvare investeringer. Denne utviklingen konkurrerer med den veletablerte industrien rundt bemannede fly og helikoptre. Imidlertid er industrien i utgangspunktet nøytrale med hensyn til om deres produkter skal være bemannet eller ikke. Det viktige for industrien, eksempelvis for Lockheed Martin og General Atomics Aeronautical Systems, er å få solgt mange eksemplarer av produkter de har investert store ressurser i å utvikle

(F-35 JSF for førstnevnte og MQ-1 Predator for sistnevnte). Neste generasjon plattformer kan like godt være bemannet som ubemannet sett fra storindustriens synsvinkel, men mange mindre foretak ser nå ut til å være avhengige av en fortsatt økt satsing på små UA.

6 AKTUELLE PROGRAMMER OG TRENDER

USA er ikke lenger så sterkt dominerende innen ubemannet teknologi som for få år siden, selv om de fremdeles leder klart når det gjelder årlige investeringer. Det foregår viktige prosesser også i Europa og Asia rundt UAS; innen både utvikling og anskaffelser av plattformer og nyttelaster. Et eksempel er det europeiske "EuroMALE" (8), som er et samarbeid mellom Frankrike, Storbritannia og Tyskland om å fremskaffe et europeisk alternativ (eller supplement) til de amerikanske systemene. I tillegg til EuroMALE finnes det europeiske satsinger innen UCAV

Støtten for pågående prosjekter som J-UCAS m fl snur etter den gjeldende politiske vindretningen. Det er meget stor uforutsigbarhet i hastigheten på utviklingen, men likevel mulig å komme med noen antagelser. J-UCAS kommer sannsynligvis til å resultere i én eller flere operative UCAV-systemer i det amerikanske forsvaret innen Norge skal utfase F-16. Disse blir innført som supplement til kommende og eksisterende bemannede kampfly, og vil bli brukt i utvalgte oppdrag, eksempelvis SEAD (Suppression of Enemy Air Defences). Selv om Norge skulle få anledning til å anskaffe slike UCAV, og satse kraftig på innføring i operativ drift, vil de ikke kunne utføre alle de oppgavene som bemannede kampfly gjør i dag. Den antatt høye kostnaden av et J-UCAS-konsept gir antagelig lite rom for å kjøpe inn nye bemannede kampfly ved siden av. Med dyre UCAV-løsninger er det altså antagelig lite aktuelt med "både-og".



Figur 6.1 J-UCAS demonstratorene X-45A (venstre) og X-47B (manipulert bilde).

Noen få europeiske og andre land vil også kunne ha operative UCAV-systemer før 2020, men sannsynligvis vil disse følge et annet konsept enn de amerikanske. Konseptet vil kunne innebære et tett samarbeid mellom bemannede fly (toseters kampfly) og UCAV. Det er lite sannsynlig at det blir mulig å innføre slike "kombi-systemer" uten å også kjøpe identiske bemannede fly som de aktuelle utviklerlandene.

Det er sannsynlig at UCAV kan bli en "favoritt" blant politisk og militær ledelse svært raskt på lik linje med UA i dag – når de først er kommet i bruk. Dette som følge av de relativt små politiske konsekvensene forbundet med tap av plattformene. Dersom dette blir tilfelle, kan

UCAV komme til å nyte stor tilførsel av utviklingsmidler etter 2015, slik at ubemannede plattformer i prinsippet kan overta helt for de bemannede rundt 2040–2050.

7 UTFORDRINGER

Mange problemstillinger som er forbundet med UAS er i sin essens kost/nytte-spørsmål, og ikke nødvendigvis unikt forbundet med ”ubemannethet”. Ønske om liten størrelse, lav kostnad og lang utholdenhet gir imidlertid UA større utfordringer i forhold til visse funksjoner, slik som kommunikasjon, robusthet mot ising osv.

Det er teknisk mulig – ved bruk av eksisterende eller nært forestående delteknologier – å løse alle luftmaktens oppgaver uten bemannede farkoster. Gjennomførbarhet av en omfattende overgang til ubemannethet har imidlertid også økonomiske, praktiske og kulturelle aspekter.

De ubemannede plattformene er ikke her forutsatt å være konseptuelt like de bemannede. Det vil si at farkostene behøver ikke å ligne på eksempelvis dagens multirolle kampfly eller maritime patroljefly. Gjennomførbarhet kan innebære en betydelig konseptuell forskjell i både teknologi og bruk i forhold til dagens luftmaktsystemer.

Diskusjonen rundt UAS er i dag preget av ”påstand mot påstand”. Argumentasjonen er generelt sett ikke tilstrekkelig underbygget med fakta. I det følgende behandles de mest sentrale diskusjonstemaene rundt innføring av ubemannet teknologi i luftmakten.

7.1 Politiske, juridiske og etiske forhold

Bruk av ubemannede plattformer i militære operasjoner bringer spørsmål om forsvarlighet i forhold til folkeretten. Dette er mest innlysende i forbindelse med ubemannede plattformer som leverer våpen.

Informasjonsbehandlingsprosessen er helt avgjørende for rett bruk av effektorer, herunder også å unngå utilsiktet skade på sivilbefolkning. Å basere våpenbruk på informasjon med lav kvalitet er etisk tvilsomt, selv om det har blitt gjort til alle tider. Våpen levert fra kampfly, kryssermissiler mm er allerede langt på vei ”ubemannet” da operatørene og beslutningstakerne befinner seg fjernt fra målene. Mange prosesser er allerede distribuert og automatisert. Ansvar for ”effekter”, og for kvaliteten på informasjonen som effektorbruken baserer seg på, kan ofte ikke plasseres hos en enkelt person, idet avgjørelser i betydelig grad er påvirket av programvare og samvirke mellom mange aktører.

I utgangspunktet finnes det ikke grunnlag for at ubemannede plattformer vil medføre større fare for at andre enn de tiltenkte målene skades. Det eksisterer imidlertid en oppfatning av at det er slik. Talsmenn for denne oppfatningen vektlegger meget sterkt behovet for menneskelige øyne nær begivenhetenes gang. ”Maskiner kan ikke erstatte menneskelig intuisjon og vurderingsevne” er en vanlig påstand. Dette er i dag en rimelig påstand, men den baserer seg på en antagelse om at menneskelig intuisjon og vurderingsevne ikke kan inkluderes i UAS. Ubemannet luftfart innebærer prinsipielt kun å flytte mennesker lenger fra fare enn de er i dag. I tillegg ligger menneskelige verdiprioriteringer og kultur alltid innebygget i systemer, og et system består ikke av teknologi alene.

Generelt kan det derfor ikke per i dag sies at ubemannet luftrom vil medføre større etiske problemer enn de vi har i dag. Snarere tvert imot vil en redusert stresspåvirkning på beslutningstakere (les: flygere i dag) kunne redusere faren for uheldig eller uklok bruk av stridsmidler.

Imidlertid vil kunnskapen om ubemannede farkoster forbli begrenset hos folk flest, og begreper som ”robotkrig” vil versere slik de allerede har gjort i forbindelse med blant annet Predator. Utstrakt bruk av plattformer der det ikke finnes mennesker om bord vil i starten ha en ”terminator”-image, uansett hvordan den faktiske teknologien ivaretar etiske verdivurderinger. Å drive krigføring uten å risikere egne liv er tradisjonelt oppfattet som ”ikke gentlemanlike”, og ”feigt” i mange kulturer, inkludert vår egen. Slike oppfatninger vil imidlertid bli mindre vanlige etter en del år.

I tillegg til de etiske spørsmålene rundt ubemannethet, har tilstedeværelsen av bemanning helt klart en politisk effekt. Faren for eskalering av konflikter påvirkes av faren for tap av menneskeliv. Faktorer taler både for redusert og for øket fare for eskalering av konflikter ved bruk av UAS, avhengig av situasjon. Faren kan øke gjennom større aggressivitet i bruk og mindre sperrer mot nedskyting. Den kan også reduseres gjennom bedre tilgang til tidsmessig informasjon av høy kvalitet, og gjennom mindre alvorlige konsekvenser av nedskyting.



Figur 7.1 MQ-1 Predator bevæpnet med Hellfire missiler har økt bevisstheten om muligheten for våpenlevering fra UAS.

7.2 Kommunikasjon

Behovet for datakommunikasjon med høy kapasitet er det mest omtalte temaet forbundet med UAS. Skeptikere mener at UA krever mer kommunikasjonsressurser enn man kan fremskaffe, og vil bli for sårbare overfor tap av forbindelsen grunnet mottiltak. De vil også hevde at kommunikasjon uansett ikke kan muliggjøre en oppbygging av situasjonsforståelse som piloter i dag har ved å være nær begivenhetenes gang.

Forkjempere for UAS hevder at kommunikasjonsbehovet vil kunne dekkes, og sågar at ubemannede plattformer ikke er del av problemet med informasjonsinfrastrukturen (INI) i NbF, men del av løsningen. UA vil ikke utelukkende forbruke INI-ressurser, men bidra sterkt til å

tilby kommunikasjonsressurser til andre styrkeelementer. De vil kunne opptre som kommunikasjonsreleer og -noder, enten dedikert til slike oppdrag eller som tilleggsoppgave.

Behovet for datakommunikasjon kommer både fra behovet for kontroll og fra behovet for utnyttelse av nyttelaster – fortrinnsvis sensorer – som produserer mye data. I et effektivt og nettverksbasert forsvarskonsept, gjelder behovet for kommunikasjon både for bemannede og ubemannede plattformer. Forbindelser med omverdenen er sågar et av de viktigste argumentene for at eksempelvis nye kampfly vil ha stor operativ effekt i en NbF-sammenheng.

Fjernutnyttelse av luftbårne sensorer i (nær) sanntid krever i dag datakommunikasjon med høy kapasitet. Predator opererer i størrelsesorden noen titalls megabit per sekund, mens Global Hawk opererer med noen hundre megabit per sekund (GH ligger i dag på 274 / 512 Mbps). Behovet vil øke nok en størrelsesorden dersom hyperspektrale- og ESM-sensorer skal bæres.

Kommunikasjonsbehovet i forbindelse med kontroll av UAS er lite (noen 100 kbps) sammenlignet med behovet ifm utnyttelse av noen typer sensordata. Begge behovsgrupper kan tilfredstilles med dagens teknologi. Kostnadene vil imidlertid kunne bli store. Vi ser i dag et enormt press på SATCOM på grunn av amerikansk bruk av Global Hawk og Predator i Irak og Afghanistan (“reach back operations”). Det er en sterk avhengighet av kommersielle sivile tilbydere. TCA (Transformational Communications Architecture) – beskrevet kort i UAS Roadmap 2005–2030 – har som mål å bøte på denne situasjonen. Forbedringer innen radiokommunikasjon og innføring av laserkommunikasjon og IP-baserte nettverk i luften “will remove communications as a constraint to warfighter operations”.

Tilgang til frekvensspektrum er et meget viktig tema. For luftbåren radiokommunikasjon omgås dette delvis gjennom migrasjon mot høyere frekvenser, der det er færre brukere, og delvis gjennom bruk av nye bølgeformer og ny nettverksteknologi. Til tross for dette forventes det at frekvensspektrum vil forbli en begrensning for samtidig bruk av mange bredbånds radiolinker i luftrommet også de neste ti år.

7.3 Informasjonsbehandling

Sensordata må behandles og analyseres før den kan utnyttes. Dette er ikke særegent for ubemannede sensorplattformer. Imidlertid er muligheten for lokal behandling og utnyttelse ombord i plattformen lavere i UA enn i store bemannede farkoster som AWACS og JSTARS i dag. Enseters bemannede plattformer må støtte seg i stor grad på automatiserte prosesser for databehandling og sensorfusjon. Likevel har en enseters bemannet plattform i dag en noe større mulighet til å utnytte sensorer enn en ubemannet farkost. Denne fordelene kan forventes å forsvinne i løpet av et par tiår.

Prosessen for utnyttelse av sensordata er ulik for ulike operative sammenhenger, og for ulike typer sensorer. Krav til informasjonskvalitet, som følger både av operative behov og etikk, påvirker kravene til informasjonsbehandlingen.

Det er i dag begrenset mulighet til å behandle data automatisk ombord i sensorplattformer. Plattformer uten bemanning må derfor overføre sine data til andre fasiliteter. Graden av komprimering og bortsortering som kan gjøres før sending av data avhenger igjen av operative

behov og av muligheter for automatisk databehandling ombord.

Det vil være et behov for menneskelig intelligens i analyseprosessen og innen sensorfusjon i lang tid fremover, enten denne intelligensen er plassert i farkostene eller i en bakkeorganisasjon. Korrelasjon av data og informasjon fra flere kilder er svært viktig for full utnyttelse av sensorer. I hvilken grad slik korrelasjon krever overføring av relativt uforkortet sensordata er uvisst.

På sikt vil automatisk sensorfusjon kunne redusere behovet for kommunikasjonskapasitet både fra bemannede og ubemannede plattformer. Automatikken vil kunne utføre en sortering av data og foreslå datasekvenser for nærmere analyse. Evnen til automatisk sensordatafusjon er gjenstand for forskning og utvikling, ikke minst i forbindelse med nye bemannede kampfly. Mulighetene innen ATR (Automatic Target Recognition) og kunstig intelligens generelt bør studeres nærmere også i Norge.

7.4 Kommando og kontroll

Innholdet i begrepet ”autonomitet” er avgjørende i diskusjoner omkring UAS. Grensen mellom ”autonom” og ”automatisk” er uklar, men vil være viktig i forbindelse med diskusjonen omkring etikk og ubemannede farkoster. Dette gjelder spesielt i effektorrollen, men også i forbindelse med informasjonsbehandling.

Tidvis utilstrekkelig situasjonsforståelse hos operatørene av UAS, samt relativt stort personellbehov, er to viktige forhold som arbeider mot innføring av UAS på kort sikt. Førstnevnte påvirker stridseffektiviteten, fleksibiliteten og sikkerheten ved UAS-operasjoner. Sistnevnte påvirker mulighetene til å innføre UAS innenfor gitte kostnads- og personellrammer. Særlig er personellrammer blitt kritisk for Forsvaret. Betydningen av bemanning ”nær begivenhetenes gang” i ulike typer oppdrag og scenarier må utredes nærmere.

Design av kontrollstasjoner og programvare i mange eksisterende UAS gir operatørene dårlig situasjonsforståelse. For mye informasjon, samt behov for å utføre mange små rutinemessige oppgaver i et ingeniørnært brukergrensesnitt, kan til tider overbelaste UAS-operatørene. Forståelse for dette problemet begynner nå å bli utbredt. Det finnes etter hvert mange erfarne operatører som vet hva som er viktig i utforming av arbeidsmiljø og andre systemaspekter. Disse erfarne brukerne kan nå formidle behovene til utviklerne. ”Human factors”, ergonomi osv, er minst like viktig i UAS som i utforming av arbeidsmiljø for flygere. Situasjonsbevissthet er kritisk også for UA-operatører, som må foreta tidskritiske avgjørelser i komplekse scenarier. UAS Roadmap (5) sier det slik om den ønskede utviklingen for små UA; ”from seeing the plane to being the plane”.

Predator og Global Hawk ”flys” i dag av erfarne piloter. Farkostene er ikke autonome, men fjernstyrte og automatiske. Dette setter press på tilgangen til piloter. TUAV og mindre UA kan kontrolleres av soldater etter kort kursing. Dette er en klar kostnadmessig fordel, men har sine ulemper også. Manglende forståelse for luftfarkosters egenskaper og for bruk av luftrommet gir, sammen med liten mulighet til å ”oppleve det som flyet opplever”, økt sannsynlighet for ulykker med UA.

Forbedringer innen UAS kontrollsystemer er nødvendig for å redusere utdanningsbehovet for

piloter, sensoroperatører og andre, og for å bedre systemeffektivitet og sikkerhet. UAS Roadmap snakker mye om kunstig intelligens (AI – Artificial Intelligence) i denne sammenhengen. Samvirke mellom mennesker og ”intelligente agenter”, autonomitet, fleksibel mulighet for menneskelig inngripen og delegering er aktuelle tema som det arbeides med.

UAS Roadmap vektlegger en separering av de fire hovedfunksjonsområdene i farkostene og i bakkesystemene, og anbefaler at disse funksjonene forbindes med standardiserte grensesnitt og lokalnettverk. De fire funksjonsområdene er:

- ❑ Farkostkontroll
- ❑ Nyttelastkontroll og utnyttelse
- ❑ Våpenbruk
- ❑ Muliggjøring av situasjonsbevissthet

Endringer innen ett funksjonsområde skal ikke påvirke et annet slik det gjør i dagens mer integrerte og proprietære systemer. Kontroll vil bli geografisk og organisatorisk distribuert, i NbF-ånden. Hver funksjon vil ha en nettverksadresse, og skal kunne aksessereres fra mange noder i nettverket.

Navigasjon og luftromskontroll er to helt sentrale problemstillinger knyttet til kontroll av UA. Sistnevnte er mest omtalt, og kritisk dersom UA skal kunne operere i samme luftrom som bemannede farkoster. Løsning på luftromsproblematikken er forventet å komme i løpet av dette tiåret for store farkoster som Global Hawk og Predator B. Løsninger for mindre UA vil ta lengre tid. Før dette er på plass vil bruk av UAS være meget begrenset i fredstid, og spesielt for sivile aktører. Operasjoner med UA i krig og krise vil fortsatt måtte ordnes gjennom segregering i tid og rom, noe som er operativt begrensende.

7.5 Pålitelighet og sårbarhet

UAV har ikke akkumulert like mange flytimer som bemannede fly, og er således umodne. De har generelt en høyere ulykkesrate per flytime enn bemannede fly. Imidlertid viser en kurve publisert i UAS Roadmap 2005–2030 at store UAS følger tilsvarende utvikling som bemannede fly mot redusert ulykkesfrekvens. Enkelte typer UAS, som TUAV, viser ikke en utvikling mot det samme nivået av pålitelighet. Dette har sammenheng med at det benyttes komponenter som ikke er konstruert med tanke på bruk i luftfarkoster. Mange av ulykkene i denne kategorien må også tilskrives kontrollsystemet kombinert med uerfarent personell.

Det er i utgangspunktet ikke en like godt etablert kultur innen utviklere og operatører av UAS for å fremme pålitelighet og flytrygging som det er i den bemannede luftfarten. En eksperimenteringskultur og en ambisjon om så lave kostnader som mulig har vært rådende. UAS har som oftest gått gjennom en svært rask utviklingstid. For eksempel var Predator en ACTD (Advanced Concept Technology Demonstrator) da den ble satt inn i tjeneste i Kosovo. Det meste av UAS-bruken til nå har vært i fjerne strøk, og over tynt befolkede områder. Flysikkerhet har derfor ikke blitt tillagt like stor vekt innen ubemannet luftrom.

Både pålitelighet og sårbarhet er funksjoner av kostnad. Det gjelder å finne en balanse mellom overlevelsessevne og kompleksitet på den ene siden og lav kostnad og teknologisk enkelhet på

den andre siden. Skal UAS være billigere i anskaffelse, aksepterer man mindre overlevelsessevne og pålitelighet. Man har en tendens til å gradvis øke kravene til alle nye systemer, noe som gjør dem stadig mer komplekse, og derfor dyrere. Med høy kostnad kommer ønsket om høy overlevelsessevne, og kostnadsspiralen er i gang. Bemannede multirollefly generelt er en god illustrasjon av dette fenomenet.

7.5.1 Tap av kommunikasjon

Samlokalisering av sensor-, effektor- og beslutningskomponenter gir større robusthet i forhold til tap av kommunikasjon enn distribuerte systemer. Eksempelvis vil nye kampfly ha en restevne til å utnytte sine sensorer og våpen lokalt selv om kommunikasjon med øvrige systemer er hindret. Muligheten til å sammenstille informasjon og danne en god situasjonsforståelse er imidlertid avhengig av datakommunikasjon for bemannede så vel som for ubemannede farkoster.

Stor robusthet mot tap av kommunikasjon kan bygges inn i ubemannede systemer ved hjelp av direkte forbindelser (laserkommunikasjon kommer i løpet av 10–15 år), jammerresistente bølgeformer og frekvenshoppeteknikker, og distribusjon av kritisk funksjonalitet over flere plattformer. Fordelen de bemannede plattformene nå har vil kunne forsvinne på mellomlang sikt.

7.5.2 Vær – begrensning og mulighet

Mange typer ubemannede luftfarkoster er i dag mer sårbare overfor vær enn bemannede. Sårbarheten gjelder både selve flygningen og utnyttelse av eventuell sensornyttelast. Dette er resultat av både de fysiske egenskapene til farkostene, og av kontrollsystemets egenskaper. Disse er igjen resultat av krav til lave kostnader, bestemte fysiske egenskaper (f eks liten størrelse og lav vekt) og funksjon (f eks lang utholdenhet), og av umodenhet i design.

Muligheten til å oppfatte og respondere på flyforholdene har til nå vært lavt prioritert i systemdesign. Dette har ført til redusert effektivitet og sikkerhet i flygninger med ubemannede farkoster.

Vær representerer muligheter for gevinst så vel som begrensninger for luftfarkoster. Atmosfærisk energi i fjellbølger, termikk, hangvind og skjærsoner kan utnyttes til å forlenge utholdenheten til luftfarkoster (10). Ved å bygge inn utnyttelse av meteorologiske modeller i kontroll- og planleggingssystemer, kan både ytelse og sikkerhet bedres. Ubemannede farkoster har særlig gode forutsetninger for å utnytte disse mulighetene.



Figur 7.2 UAS produsenter kan gjenbruke mye kunnskap fra seilfly, både på design av farkost og utnyttelse av værphenomener.

8 INTEROPERABILITET

I det store perspektivet med militær transformasjon, NbF og EBO, blir ”satsing på ubemannet luftrom eller ikke” et interoperabilitetsspørsmål. Norges holdning til militær transformasjon og Norges valg av teknologiske løsninger, eksempelvis valg av satsing på ubemannethet, vil påvirke vår evne til å delta i, og forme vår deltagelse i, internasjonale militære operasjoner.

Interoperabilitet kan således være en sterk motivasjon for å satse på UAS i Norge, uavhengig av om det er kost-effektivt eller ikke for vår forsvarsstruktur i et snevrere perspektiv. USA og flere andre land satser tungt på ubemannede systemer. UAS vil derfor påvirke operasjonskonsepter innen luftmaktsbruk. Det kan bli vanskelig å bli oppfattet som en nyttig bidragsyter uten UAS om 20–30 år.

De aller fleste av dagens systemer, inkludert alle UAS, er utviklet i det gamle plattformsentriske tankeregimet. En viktig lærdom av dagens situasjon er at systemer ikke lenger bør utvikles isolert fra sammenhengen de skal inngå i. Mange UAS kan beskrives som ”stove pipes” der informasjon flyter vertikalt, og det meste av samvirket med omverdenen må skje gjennom bakkestasjonene. Disse bakkestasjonene fungerer ikke med annet enn den tilhørende typen farkost. Programmer som CGS (Common Ground Station) har forsøkt å bøte på dette, men har fått begrenset gjennomslag. Sensor kontroll, farkost kontroll, dataformater og metadata følger i mange tilfeller ikke gjeldende standarder, til en viss grad fordi standardene ikke eksisterte da systemene ble utviklet.

STANAG 4586 for UAS kontrollsystemer er nå ratifisert av mange NATO-land, inkludert Norge, og vil forbedre situasjonen gjennom standardiserte grensesnitt og krav til funksjonalitet.



Figur 8.1 Ulike bakkestasjonskonfigurasjoner. Standarder for bakkestasjoner og mottak av data vil være viktig for å redusere kostnader med UAS.

Visjonen som er uttrykt i UAS Roadmap (5) er at UAS, og hver enkelt funksjon i systemene, skal opptre som noder i et IP-basert nettverk. Nødene skal kunne aksesseres fra mange andre noder, ikke bare fra en bestemt bakkestasjon. Videre skal alle UAS-programmer koordinere radiokjøp med JTRS (Joint Tactical Radio System) program office. Veikartet beskriver en spiral for UA-kommunikasjon. Denne spiralen leder frem mot integrasjon av UA i GIG (Global Information Grid) i 2016. UA skal inngå både som brukere og tilbydere av båndbredde i GIG.

Norge bør forstå denne prosessen, og vurdere hvordan eventuelle norske UAS vil passe inn i norsk K2IS og koalisjonskonsepter, eksempelvis MAJIIC (Multisensor Aerospace-ground Joint Interoperable ISR Coalition).

I en overgangsperiode med blanding av bemannede og ubemannede farkoster, blir samspill mellom disse viktig.

9 ANVENDELSER

UAS kan gjøre nytte for seg på både strategisk, operasjonelt og taktisk nivå, som bærere av sensorer, våpen, og kommunikasjonsutstyr. De kan erstatte, supplere og komplementere bemannede plattformer.

Ubemannede farkoster kan i prinsippet brukes til å løse alle de oppgavetyper man i dag bruker bemannede farkoster til. I tillegg kan UA brukes i sammenhenger der bemannede farkoster ikke kan brukes, enten fordi UA kan være meget små eller fordi de mangler mannskap ombord.

En særegenhet ved ubemannethet er at mye funksjonalitet og nytte kan pakkes inn i meget små

plattformer. Liten størrelse gir mulighet for mer kompakt deployering i felt, som organisk taktisk avdelingsressurs. Et komplett UAS i klassen ”stridsteknisk UAS” eller ”mini-UAS” er meget kompakt. Et eksempel på anvendelse er SIBO (Strid i Bebygget Område). Her kan små UA brukes til å speide i bygninger, rundt gatehjørner, ”se over haugen”, og til å levere effekt. Som en lokal sensor og sambandsrelé kan UAS gi bedret situasjonsoversikt og styrkebeskyttelse. Dette er en kvalitativt ny mulighet som bemanning utelukker.

Fraværet av bemanning åpner for utførelse av meget farlige oppdrag med luftfarkoster. Oppdrag der plattformen med svært høy sannsynlighet går tapt er lite aktuelle når tap av menneskeliv og kostbare CSAR (Combat Search and Rescue) er nær garantert. Slike ”selvmordsoppdrag” er mest aktuelle for svært små og billige UA, men vil være en reell opsjon også for de større plattformene, avhengig av oppdragets verdi.

Kun et lite utvalg av alle de mulige oppdragstypene er aktuelle for UAS i dag. Realisering av flere muligheter er avhengig av etterspørsel. Dersom etterspørselen er til stede, kan mye ny funksjonalitet og fleksibilitet realiseres i UAS i løpet av få år. Evnen til å løse oppdragstyper der det kreves komplisert interaksjon mellom mennesker, farkoster og omgivelser, eksempelvis søk og redning, vil kreve lengre utviklingstid.

En enkelt type UA vil ikke være egnet til alle oppgavetyper, slik tilfellet også er for bemannede luftfarkoster i dag. Bevisstheten omkring dette er utbredt. Derfor har flere land ønsket å satse på ”familier” av ulike typer UAS. Imidlertid har disse familieløsningene vanskelig for å klare seg gjennom prosessen med prioritering av bruk av økonomiske midler og stillingshjemler.

10 OVERGANG TIL UBEMANNET LUFTRUM I NORGE?

Diskusjonen omkring eventuell innføring av UAS i Norge er preget av både entusiasme og skepsis. Spørsmålet om behovet for bemanning i plattformer er meget aktuell i forbindelse med den videre transformasjonen i Forsvaret. I FØNIKS 2 anses per i dag bemanning og multirolleplattformer som sentrale for ivaretagelse av luftforsvarets oppgaver også de neste to til tre tiårene. Det finnes ingen norske utredninger av disse forholdene som går i dybden.

10.1 Kulturarv og økonomi bestemmer farten

Det er mye som tyder på at det ikke hovedsakelig er teknologi som setter grenser for valg av ubemannede løsninger. Det er snarere realismen i å fremskaffe systemer innen rimelig tid som setter grenser.

Selv om løsninger for bruk av UAS i alle tenkbare scenarier i prinsippet finnes gitt dagens, eller nært forestående, teknologi, vil en rekke forhold bremse en betydelig overgang til ubemannet luftrom. Den kulturelle arven innenfor luftmakten er den viktigste begrensningen for konkret utredning av alternativer, sammen med en meget sterk fokus på reduksjon av utgifter i Forsvaret. Utgangspunktet til Norges luftmakt er, i likhet med alle andre lands luftforsvar, et ”pilotsentrisk” system. Prinsipielt sett er det selvsagt ikke noe ønske å sette liv i fare ved å kreve bemanning i farkoster. Imidlertid er den teknologiske og kulturelle arven sentrert rundt bemanning. En overgang til ubemannet luftrom er derfor en visjon som mest trolig vil måtte realiseres over lang tid.

Det kan være nyttig å skille mellom kostbare og lite kostbare systemer i denne diskusjonen. Med økende kostnad reduseres realismen ved en innføring av UAS i Norge på kort sikt. Satsing på mindre UAS, der konkurransen med bemannede plattformer er mindre tydelig, er antagelig et fornuftig sted å starte. Med økende modenhet og tillit til UAS, kan man deretter gradvis supplere og etter hvert erstatte de større bemannede systemene med UAS.

Før dypere utredninger finnes, eller faktiske systemer finnes i bruk – i Norge eller i andre land som vi samarbeider tett med – vil ikke Norge ha et forsvarlig beslutningsgrunnlag for å gå bort fra bemannede plattformer i betydelig grad. Dette setter derimot ikke en stopper for å begynne en satsing på UAS i det små. En slik satsing er allerede igangsatt, med forberedelser til anskaffelse av taktisk UAV og stridsteknisk UAV.

Kunnskap om delteknologier, overordnede konsepter og konkrete systemer er viktig. Et kunnskapsmiljø med kontinuitet er avgjørende når utviklingen går så raskt som den gjør. Mange UAS-relevante tema er ikke unike for UAS. Eksempelvis er utviklingen innen datakommunikasjon og prosessorer ikke relevant kun for UAS. Norge som helhet kan derfor opprettholde god UAS-relevant kunnskap uten et stort dedikert UAS-miljø. Et visst minimum er likevel nødvendig for å holde seg oppdatert på UAS-spesifikke forhold.

10.2 En visjon er ikke nok

En betydelig konseptuell overgang krever en sterk motivasjon dersom den skal foregå relativt hurtig. En visjon, som ubemannet luftrom til en viss grad er, er ikke i seg selv nok til å tvinge eller lokke frem en rask overgang. Det finnes ikke noen sterk misnøye med dagens bemannede konsept. Det fungerer godt og er meget innarbeidet. Luftmakten i dag taper svært få menneskeliv i fred og begrensede kriser. Beslutningstakere og personell i en rekke miljøer må bli overbevist om at ubemannet luftrom ikke bare er hensiktsmessig, men nødvendig. Det store kostnadsfokus kan være en slik motivator, men satsing på UAS kan ikke sies å innebære noen kostnadsbesparelser på kort sikt gitt tilgjengelig informasjon.

Nødvendigheten av nye konsepter vil antagelig ikke bli tydelig uten en krise, der eksisterende konsepter og systemer blir bevist å være utilstrekkelige eller irrelevante. Dersom en slik krise ikke finner sted, vil en storstilt overgang til ubemannet luftrom i Norge antagelig ikke kunne finne sted før neste generasjon bemannede fly skal skiftes ut, dvs når eksempelvis erstatningen for F-16 skal skiftes ut om mellom 40 og 50 år.

UAS Roadmap omtaler ikke skepsis til UAS i særlig grad. Veikartet fokuserer hovedsakelig på "fortreffeligheten" ved ubemannethet i luften. Det finnes imidlertid gode argumenter for å utsette innføring av UAS i Forsvaret. Umodenhet og risiko er de viktigste. Det er mer tvilsomt om man kan se bort fra en omfattende overgang til ubemannethet på lang sikt.

Det er vanskelig å se for seg at ubemannede systemer vil eliminere tap og skader på egen side. Derimot kan de antagelig eliminere tap ved mindre krisehåndtering, i en eskaleringsfase av en krig og i asymmetriske kriger. Langvarige krigshandlinger kommer uvegerlig til det punkt der teknologien er oppbrukt eller irrelevant. En av menneskenes store styrker er å tilpasse seg trusler. Enhver ny teknologi vil derfor ha begrenset holdbarhet i en konflikt. UAS vil derfor ikke

nødvendigvis redusere tap og kostnader totalt sett ved større krigsscenarier.

Kosteffektiviteten ved å anvende UAS i stedet for andre løsninger er avhengig av scenario og konsept, og er meget uklar. Det virker i dag rimelig å anta at det, de neste 20–30 årene, vil fortsette å være slik at enkelte operative behov kan tilfredsstilles bedre og billigere med ubemannede plattformer, mens andre best løses med bemannede farkoster.

10.3 Transformasjon, kost-nytte og UAS

Hva Norge ønsker å bruke militærmakten til vil påvirke realismen i å innføre ubemannede ressurser i stor grad. En videreføring av alle oppgavene som dagens struktur forventes å kunne løse vil kreve løsninger innen ubemannet luftfart som ikke finnes i dag. Den fleksibiliteten som finnes eksempelvis i dagens bemannede kampflysystem har kostet svært mye å oppnå, og det har tatt mange år å utvikle operasjonskonseptene. Dersom ikke noen oppgaver og scenarier nedprioriteres, vil det kreve en svært stor innsats å få på plass et nytt konsept innen de neste 15 år.



Figur 10.1 Fly som Stemme S-15 er konstruert for å operere med eller uten pilot avhengig av oppdrag. Slike løsninger kan gjøre overgangen til UAS lettere.

En tidlig overgang (innenfor de neste 10–15 årene) til bruk av utelukkende ubemannede plattformer istedenfor bemannede, vil altså måtte innebære nedprioritering av noen av dagens operative evner. Det vil ikke være snakk om en én-til-én erstatning av plattformer (f eks én UA mot ett kampfly). Innføring av UAS vil kreve betydelige endringer i omkringliggende systemer (teknologi og organisasjon) og i operasjonskonsepter.

Spørsmålet hvorvidt man skal gå for ubemannede plattformer eller ikke er i alle tilfeller et kost-nytte-spørsmål. Dette er sant dersom man tolker ”kost” i sin videste forstand som økonomiske, politiske og menneskelige kostnader, og ”nytte” som både operativ effekt og politisk gevinst. Kvantifisering av faktorene kost og nytte er svært vanskelig, kanskje umulig. Hvordan sette en prislapp på et menneskeliv? Generelt sett er derfor en stor satsing på ubemannet luftrom vanskelig å argumentere for fremfor andre tiltak.

For Norge dreier spørsmålet om ubemannet luftrom seg om dets innvirkning på Forsvarsevnen

og kostnad ved krig totalt sett. Hvorfor ikke ubemannede bakkekjøretøy i stedet? Det er mange alternative måter å øke den operative effekten og spare liv totalt sett. Ubemannede luftfarkoster er bare en av dem, og ikke noe mål i seg selv. Anskaffelser av UAS bør vurderes i et helhetlig perspektiv. Vurderingene bør støttes av konkrete dybdeutredninger.



Figur 10.2 Forsvaret planlegger å ha et taktisk UAS operativt fra 2009. Her bilde av Ranger som kan være et alternativ.

10.4 Utvikling av UAS og delteknologier i Norge

Både integrering av COTS-systemer og -komponenter og operasjon av systemer krever dybdekunnskap og tilgang til informasjon på det dypeste tekniske nivået. Slik kunnskap og informasjon får man sjelden uten selv å drive en viss egenutvikling, forskning og praktisk erfaringsoppbygging. I tillegg fungerer egen nasjonal aktivitet som inngangsbillett til samarbeid med andre.

Teknologioverføring er et viktig tema også innen UAS. Informasjon om delteknologier og operativ erfaring fra bruk er sensitiv. Det spørres om selv nære allierte får full tilgang til informasjon. Ingen utenfor den ”indre sirkel” får i dag god nok innsikt i erfaringer fra bruk av UAS i diverse konfliktområder. Den eneste måten å være del av denne indre sirkelen er å selv ha aktivitet innenfor UAS på fremste teknologiske nivå.

Norge innehar betydelig kompetanse både innenfor området UAS som sådan, og innenfor alle delteknologiene som inngår i UAS. Kompetansen er fordelt mellom industrien, FMO, FFI og privatpersoner. FFI har arbeidet med ulike aspekter av ubemannet luftfart i snart ti år. En plattform med bakkestasjon ble utviklet (”ULF”), men aldri fløyet på autopilot da fokus for arbeidet ble endret ved fornyelse av prosjektet. UAV-satsingen på Bardufoss (”Taktisk Troppeprøve UAV”) har resultert i betydelig forståelse innen FMO for UAS-problemstillinger, til tross for at det ikke ble noe av en anskaffelse av system for praktisk eksperimentering. En UAV faggruppe på LUKS er etablert, og denne gruppen bygger videre på kunnskapen i Forsvaret rundt UAS. Dronetjenesten har gitt en del relevante erfaringer over mange år. Modifiserte Banshee droner opereres nå av FFI og LUKS/LOI. En SAAB Safari utrustet med et ”UAV-typisk” sensorsystem er i drift under NOBLE (Norwegian Battle Lab & Experimentation). Flere private satsinger innen UAS er også forsøkt i Norge, med varierende

hell. Samlet sett finnes altså både kunnskaper og interesse for satsing på UAS i Norge. Forutsetningene er sannsynligvis best innen små til mellomstore plattformer, delsystemer, programvare og sensorteknologi.

11 KOSTNADSOVERSLAG

Dette kapitlet gir kostnadsoverslag på teknologien som er presentert i rapporten. Det er kun ment å gi en idé om kostnadenes størrelsesorden, og må på ingen måter oppfattes som en absolutt kostnadsberegning. Generelt er estimering av investerings- og driftskostnader forbundet med høy usikkerhet. De kostnadsestimatene som er presentert her, er ment å brukes som en del av beslutningsgrunnlaget for hvilke teknologier en bør prioritere i den videre utviklingen av forsvarsstrukturen. Estimatenes er ikke ment til investerings- eller budsjetteringsformål.

I kostnadsberegningene er det utført en analyse av kostnadene over hele systemets levetid, en såkalt Life Cycle Cost-analyse (LCC). Kostnadene knyttet til investering, drift (inkludert vedlikehold), oppdateringer/oppgraderinger, direkte personellkostnader og avhendingskostnader er estimert. En utførlig beskrivelse av metodikk for kostnadsberegningene finnes i en egen rapport fra FFI-prosjekt 874 (3).

Kostnadsoverslagene for UAS er basert på overslag gjort ifm det avsluttede FFI-prosjekt 739 "UAV – Analyse og realisering", samt på åpne kilder og samtaler med personell i FMO. Kostnadsoverslagene fra FFI-prosjekt 739 baserte seg i stor grad på svar mottatt på RFI (Request For Information) sendt ut i mars 2002.

11.1 Valgte alternativer

Klasseinndeling og betegnelser innenfor UAS varierer. Definisjoner, og hvilke konkrete systemer man velger å plassere i de gitte kategoriene, vil påvirke kostnadsoverslagene. I det følgende er det valgt å benytte de samme betegnelse og klasseinndelingene som ble brukt i FFI-prosjekt 739.

Meget små UAS er utelatt fra denne kostnadsoversikten, da de representerer en så liten kostnad at de ikke har særlig betydning for den overordnede vurdering av forsvarsstrukturen. Små "mini-UAS" og såkalte "stridstekniske UAS" kommer under denne kategorien. Investeringskostnaden for disse ligger i størrelsesordenen noen få millioner norske kroner for et system.

UCAV er heller ikke tatt med. Enkelte UCAV-konsepter innebærer ubemannede farkoster som skal ha sammenlignbare ytelser, størrelse og vekt som eksempelvis bemannede kampfly. Disse ser også ut til å koste omtrent det samme som de veletablerte bemannede konseptene. Eksempelvis vil J-UCAS (Joint Unmanned Combat Air System, X-45 og X-47) sannsynligvis koste minst det samme som et JSF (basert på tall i UAS Roadmap).

739 benyttet flermålsanalyse til å analysere egnetheten av de ulike klassene UAV til løsning av ulike oppgaver. Resultatet av denne flermålsanalysen inspirerte overslag over "familieløsninger" satt sammen av to eller flere ulike klasser UAV. 739 definerte også tre ulike "hovedstrategier" for UAV-organisasjonen. Disse kan, noe forenklet, betegnes slik: "tre stående avdelinger", "én stående avdeling" og "én beredskapslagret avdeling". Det fulle utvalget av familieløsninger

innenfor de tre ulike hovedstrategiene er utelatt her. Samtidig er forskjellene mellom operasjon i utlandet og hjemme forenklet bort her. For en diskusjon omkring disse forskjellene, se (2).

11.2 Kostnadsberegninger

UAS kan i dag anskaffes for alt fra noen hundre tusen NOK til flere milliarder NOK for et system. Kostnadsspennet henger sammen med spennet i konseptenes egenskaper og kompleksitet. Dette spennet kan forventes å øke i fremtiden, med nye tilskudd til ”UAS familietreet” både i øvre og nedre kostnadsområde.

Et system består i dag gjerne av en eller to bakkestasjoner, vanligvis opptil 6 farkoster med nyttelaster, reservedeler, vedlikeholdsutstyr, kommunikasjonsutstyr på bakken og i farkostene, eventuell utskyttingsrampe, landingsutstyr (f eks nett og radar innflygingshjelp) og flere kjøretøy. Hva som inkluderes av dette i oppgitte kostnader varierer fra kilde til kilde, og er som oftest ikke godt spesifisert. Dette er opphavet til en hel del av variasjonen i tall fra ulike kilder for samme type system.

Systemer i det øvre prissjiktet, eksempelvis Predator B og Global Hawk, ser ut til å være heftet med særlig stor kostnadsusikkerhet. Eksempelvis varierer kostnadsestimater for Global Hawk mellom 60 mill USD og 120 mill USD per stk, avhengig av kilde. Kostnadsusikkerheten for slike kjente systemer kan forventes å bli noe mindre i løpet av de nærmeste årene gjennom modning av systemene og mer omfattende operativ bruk.

I dag kan nye skrog for luftfarkoster utvikles og bygges i løpet av kort tid, og de utgjør som oftest en liten del av den totale systemkostnaden. Unntaket er skrog som skal utvide mulighetsrommet i forhold til f eks radarsignatur, hastighet eller størrelse. Disse vil fortsette å kreve lang og kostbar utviklingstid. Plattformer som ikke har ekstreme ytelser i noen forstand er billige å utvikle og produsere. Relativt saktegående farkoster som skal fly i mellomhøyde til lav høyde er meget billige å bygge, og kan bygges av ”hvem som helst”. Små til mellomstore skrog, tilsvarende Luna og Ranger, kan bygges for fra ca 25 000 NOK til 100 000 NOK. Sensorer, datalinker, systemintegrasjon og testing representerer de største kostnadene. Høyere systemkompleksitet er en kraftig kostnadsdriver.

Man må regne med at løsninger på problemet med luftromsbruk vil øke kostnadene av UAS. Kostnadsøkningene vil komme som følge av nytt utstyr, ny funksjonalitet og strengere krav til utvikling og produksjon av systemer.

Modning gir både kostnadsvekst forbundet med økte krav til funksjonalitet, og kostreduksjoner innenfor noen delteknologier. Læringskurver gir mer rasjonell drift, vedlikehold og produksjon. UAVer har til nå vært ”billige” delvis fordi det ikke har blitt stilt særlig strenge krav til pålitelighet. Dersom UAS skal kunne integreres i bemannet luftrom, vil de samme kvalitetskrav stilles som for bemannede fly hva gjelder pålitelighet.

Med unntak av noen få systemer, har alle UAS i bruk inntil nylig vært teknologidemonstratorer og utviklingsprosjekter, med meget lavt produksjonsvolum. En håndfull typer har til nå blitt produsert i stort nok antall, og vært i bruk såpass mye, at kostnadstall kan være noenlunde pålitelige. Dette gjelder: Shadow 200 (100+ produsert, 164 planlagt) og MQ1 Predator A (100+

produsert, 100 til bestilt) (5).

Ambisjonsnivå for kapasitet, oppgaver og tilgjengelighet vil påvirke anskaffelseskostnaden av en gitt type system betydelig. Norges topografi gir utfordringer ift radiokommunikasjon. Disse utfordringene blir særlig store ved relativt lavtflygende farkoster. Reléfarkoster er den mest fleksible løsningen, men øker kostnaden betydelig. For hver farkost i luften på sensoroppdrag, bør man ha én til to farkoster som relé i luften samtidig dersom disse skal fly like lavt. Behovet for relé avhenger sterkt av krav til rekkevidde for systemet. Ved å fragå kravet om releer, vil operasjoner med UAS bli betydelig begrenset gjennom blindsoner og plassering av bakkestasjoner på fjelltopper. Reléfarkoster er ikke tatt med i kostnadsoverslagene her.

11.2.1 Forutsetninger

Følgende forutsetninger ligger til grunn for kostnadsberegningene av alle de valgte alternativene:

- ❑ Investeringskostnadene er opprinnelig i euro. De er regnet om til NOK med en valutakurs på 8,0073 NOK/EUR (2005 NOK).
- ❑ Alle de valgte systemalternativene innebærer her 6 plattformer og to bakkestasjoner. Dette for å lette sammenligning med andre kostnadsoverslag i Tek14-serien av rapporter.
- ❑ Levetiden for større UA antas å være 20 år, og 10 år for mindre UA. Etter disse 20 eller 10 årene må man altså evt reanskaffe skrog, eventuelt også annet materiell.
- ❑ Den årlige driftskostnaden er satt til 5 % av investeringskostnadene. Dette er i overensstemmelse med FFI-rapporten "Norsk UAV ressurs – Gjennomgang av RFI besvarelser"(4), og med nyere undersøkelser forbundet med den planlagte TUAV-anskaffelsen. Driftskostnadene inkluderer drivstoff, reservedeler og lett vedlikeholdsarbeid.
- ❑ Det anskaffes 2 UA per år over en 3 års periode i tilfellet større UA. Mindre typer (fra TUAV+ og nedover i kostnad) anskaffes under ett. Det er regnet med at UAS er i drift fra begynnelsen av året, slik at driftskostnader løper fra og med det året de er anskaffet.
- ❑ Som nevnt er det antatt en levetid på de større typene UA på 20 år, med en oppgradering etter 10 års drift. MLU-kostnadene er anslått til 30 % av investeringskostnadene ettersom dette er brukt i tidligere nevnte rapport (4). Det året UAene er til MLU, regnes det ingen driftskostnader for disse enhetene.
- ❑ Det er antatt at det ikke er noen vesentlige kostnader forbundet med avhending av UAS.
- ❑ Man anskaffer bakkestasjonene det første året man anskaffer UAS. Det er ikke regnet noen driftskostnader av disse, da driften trolig vil være felles for flere funksjoner og annet materiell i forsvarsstrukturen.
- ❑ Personellbehovet varierer fra én til to mann for de små farkosttypene, til over 100 for mer omfattende systemer. Overslagene til FFI i prosjekt 739 baserer seg på en organisasjon på 50 personer (benyttet for UCAV med 33 befal og 17 menige). En UAS-organisasjon kan gjerne være halvparten av dette (benyttet for HALE og MALE med 16 befal og 9 menige), avhengig av tekniske og organisatoriske løsninger og ambisjoner ift utnyttelse av sensordata. For TUAV er det satt opp 2 befal og 1 menig per UA.
- ❑ Antall befal er satt til 2/3 og menige til 1/3 av organisasjonen. Det er antatt at personellkostnadene vil være like store alle årene selv om man ikke har faset inn alle 6 UAene eller selv om noen er faset ut. Personellkostnadene dekker operasjon av både

UAene og bakkestasjonene.

- Kostnader til personell i støttefunksjoner, opplæring og logistikk er utelatt fra beregningene.
- Det er sett bort i fra tap av UA. I praksis vil man trolig ha noen tap, særlig for de mindre plattformtypene.

11.2.2 Kostnader – tall og figurer

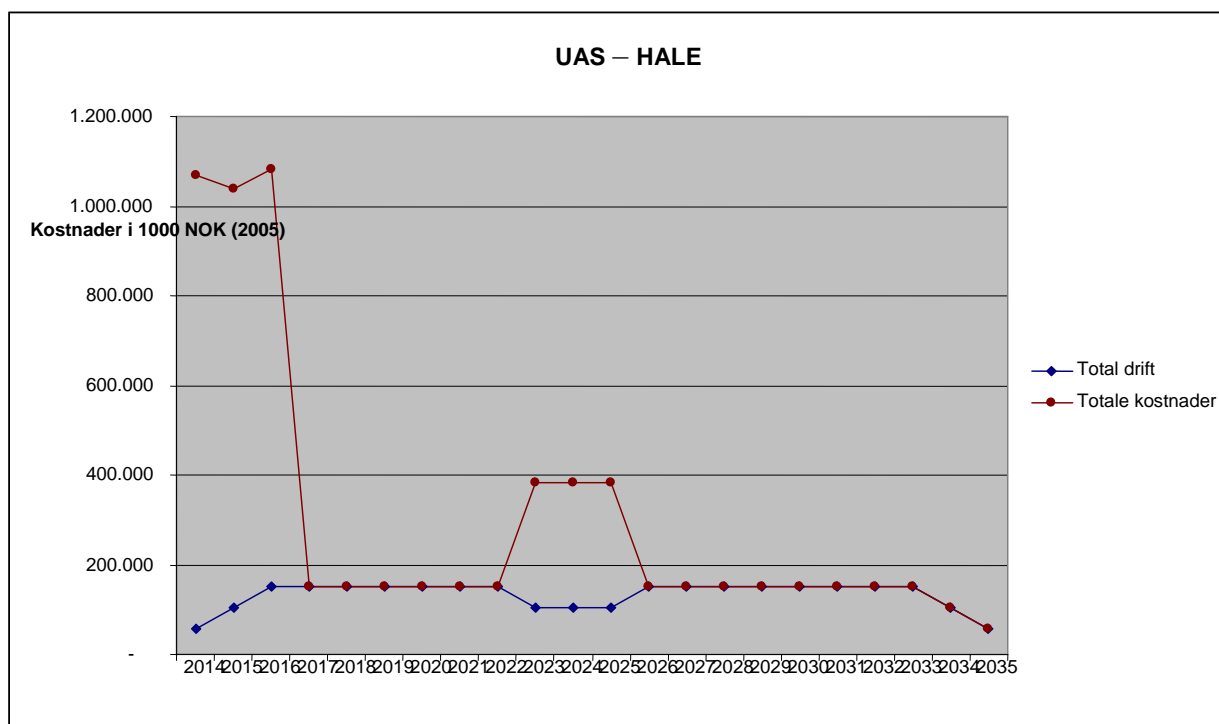
Alternativ 1: HALE

Totalkostnadene for 20 års drift for dette alternativet er 6,6 mrd NOK. De årlige driftskostnadene ligger på 151 mill NOK. Investeringskostnadene står for 2,9 mrd NOK, og i tillegg kommer MLU-kostnader på 839 mill NOK. Tabell 11.1 viser kostnadene for hvert år av systemets levetid. Figur 11.1 gir et grafisk bilde av kostnadene.

År	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Investering HALE	931.963	931.963	931.963							
Investering bakkestasjon	80.074									
Drift	46.598	93.196	139.794	139.794	139.794	139.794	139.794	139.794	139.794	93.196
MLU HALE										279.589
Personell	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930
Totale kostnader	1.070.565	1.037.089	1.083.687	151.724	151.724	151.724	151.724	151.724	151.724	384.715

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
93.196	93.196	139.794	139.794	139.794	139.794	139.794	139.794	139.794	139.794	93.196	46.598
279.589	279.589										
11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930
384.715	384.715	151.724	151.724	151.724	151.724	151.724	151.724	151.724	151.724	105.126	58.528

Tabell 11.1 Årlige kostnader for HALE. Beløpene er i 1000 2005 NOK.



Figur 11.1 Grafisk fremstilling av årlig kostnad for HALE. Beløpene er i 1000 2005 NOK.

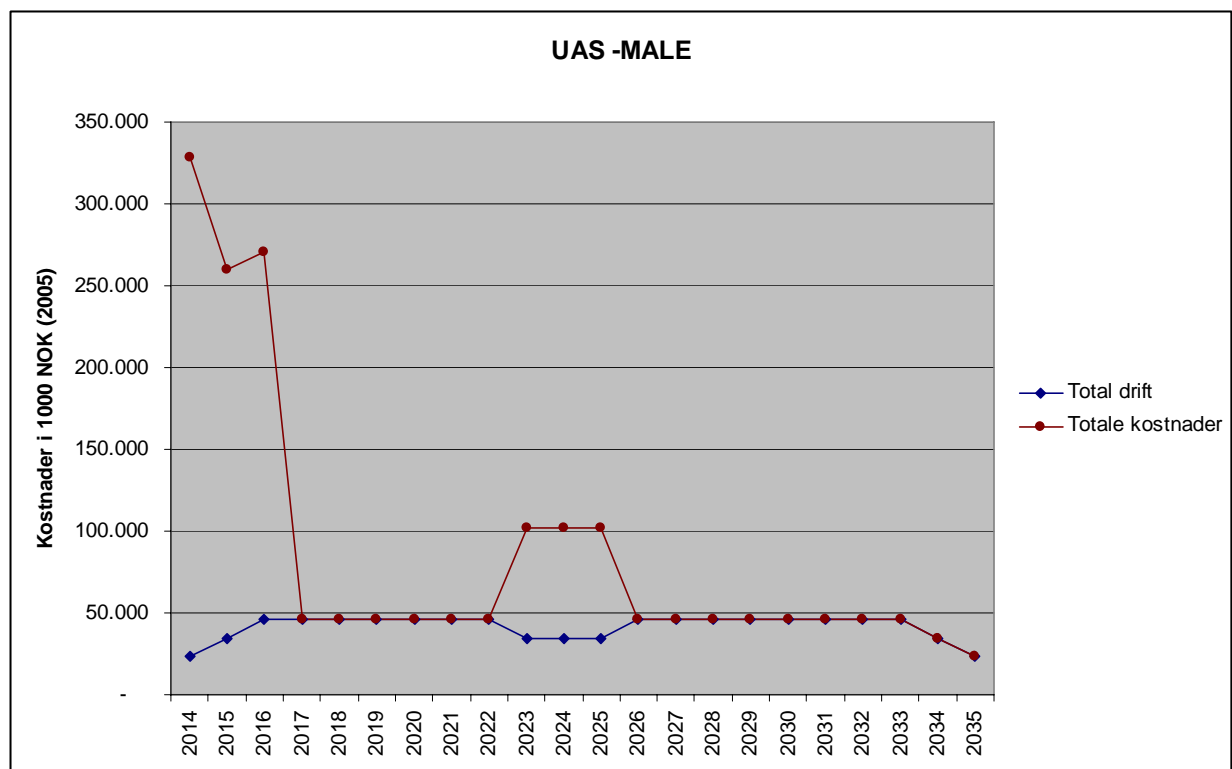
Alternativ 2: MALE

Totalkostnadene for 20 års drift for dette alternativet er 1,9 mrd NOK. De årlige driftskostnadene ligger på 46 mill NOK. MLU-kostnadene kommer i tillegg på 203 mill NOK. Investeringskostnadene står for 756 mill NOK. Tabell 11.2 viser kostnadene for hvert år av systemets levetid. Figur 11.2 gir et grafisk bilde av kostnadene.

År	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Investering MALE	225.309	225.309	225.309						
Investering bakkestasjon	80.074								
Drift	11.265	22.531	33.796	33.796	33.796	33.796	33.796	33.796	33.796
MLU MALE									
Personell	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930
Totale kostnader	328.578	259.770	271.035	45.726	45.726	45.726	45.726	45.726	45.726

2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
22.531	22.531	22.531	33.796	33.796	33.796	33.796	33.796	33.796	33.796	33.796	22.531	11.265
67.593	67.593	67.593										
11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930	11.930
102.053	102.053	102.053	45.726	45.726	45.726	45.726	45.726	45.726	45.726	45.726	34.461	23.195

Tabell 11.2 Årlige kostnader for MALE. Beløpene er i 1000 2005 NOK.



Figur 11.2 Grafisk fremstilling av årlig kostnad for MALE. Beløpene er i 1000 2005 NOK. Årli

Alternativ 3: TUAV

Totalkostnadene for 10 års drift for dette alternativet er 534 mill NOK. De årlige driftskostnadene ligger på 21 mill NOK. Investeringskostnaden er 324 mill NOK. Tabell 11.3 viser kostnadene for hvert år av systemets levetid. Figur 11.3 gir et grafisk bilde av kostnadene.

År	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Investering TUAV	243.926	-	-							
Investering bakke-stasjon	80.074									
Drift	12.196	12.196	12.196	12.196	12.196	12.196	12.196	12.196	12.196	12.196
Personell	8.820	8.820	8.820	8.820	8.820	8.820	8.820	8.820	8.820	8.820
Totalt kostnader	345.016	21.016	21.016	21.016	21.016	21.016	21.016	21.016	21.016	21.016

Tabell 11.3 Årlige kostnader for TUAV. Beløpene er i 1000 2005 NOK.

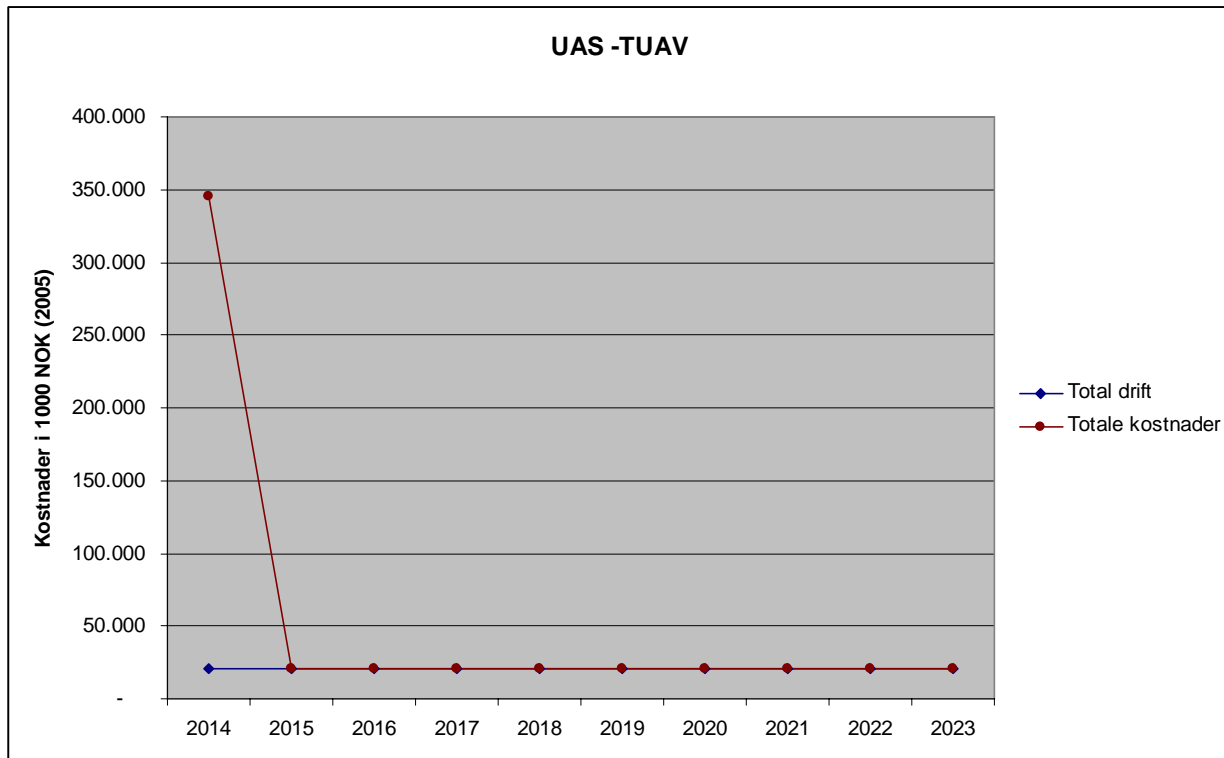


Figure 11.3 Grafisk fremstilling av årlig kostnad for TUAV. Beløpene er i 1000 2005 NOK.

11.2.3 Kvalitative implikasjoner i forsvarsstrukturen

Som nevnt kan UAS både supplere og erstatte eksisterende strukturelementer i Forsvaret. Diskusjonen i forhold til erstatning av bemannede med ubemannede plattformer er i dag mest fremtredende i forbindelse med maritime patruljefly og kampfly. UAS i den maritime rollen er diskutert i (7). UCAV har ikke blitt grundig studert i Norge, men en vurdering finnes i den foreløpige versjonen av "Konseptuell løsning" ifm forberedelse til anskaffelse av nye kampfly. Mindre UAS, slik som TUAV og stridsteknisk UAV konkurrerer i mindre grad med bemannede plattformer, men til en viss grad med hærelementer som FAC (Forward Air Controller) og oppløring.

Innføring av UAS har konsekvenser for støttefunksjoner i Forsvaret. Systemene vil kreve tjenester fra informasjonsinfrastruktur (INI) og logistikk. Samtidig vil visse typer systemer kunne bidra til tilgjengeligheten av INI-ressurser. HAP-systemer (High Altitude Platform) vil kunne fungere som sambandsnode. Denne typen bruk av UAS har ikke blitt studert i dybden, men er vurdert i (9).



Figur 11.4 Høytsvevende ballonger kan bidra til å løse forsvarrets INI-behov.

Kostnader for innføring og drift av UAS påvirkes i betydelig grad av nasjonale løsninger for utnyttelse av sensordata. Antall analytikere/tolkere, krav til deres kvalifikasjoner og ressurser i INI til spredning og utnyttelse av informasjon vil kunne representere en betydelig kostnad. Ved en ambisjon om innføring av TUAV i løpet av 2009, kan det være nødvendig å iverksette utdanning av bildetolkere så snart som mulig. Antall personell, og krav til deres kvalifikasjoner, vil avhenge av ambisjonsnivå for satsingen, tiltenkte oppgaver, typer sensorer (eller annen nyttelast) osv.

Eliminering av behovet for CSAR-kapasitet (Combat Search and Rescue) er en åpenbar og betydelig fordel ved ubemannede plattformer. Luftoperasjoner over fiendtlig område kan dermed gjennomføres med lavere kostnad og mindre omfang, og med mindre press på kapasiteten ved flybaser.

Ubemannethet åpner for at plattformer kan "ofres" i bruk i større grad enn for bemannede plattformer. Både reduserte driftskostnader i fred, kostnader til støtte i strid, og reduserte politiske kostnader ved tap muliggjør aksept for høyere tapsrate i krig.

Systemer som Predator og Global Hawk krever i dag erfarne piloter, og et stort antall erfarne analytikere i en tilbaketrukket organisasjon. Dette gir kostnader ifm både infostruktur og personell. Det er ikke vanlig å bruke erfarne piloter til kontroll av mindre UAS (som TUAV).

Ubemannethet kan åpne for en større fleksibilitet i total kapasitet, og i størrelsen på strukturen. Tilgjengelig kapasitet kan hurtigere skaleres opp eller ned etter behov. Utviklingen innen kommando- og kontrollkonsepter, implisitt høyere grad av autonomitet, kan muliggjøre en mindre fredstidsorganisasjon knyttet til luftmakten. Kompetansen, intelligensen og funksjonaliteten som personell i dag bidrar med i luftmaktssystemer kan i stor grad, men antagelig ikke helt, erstattes av programvare. Programvare kan dupliseres hurtig, og lastes ombord i farkoster som ligger på lager eller "på tegnebrettet". En mindre kjerne av personell kan opprettholdes over tid, og det blir lite behov for å utdanne nytt personell ved oppskalering av strukturen. Forutsetningen er at få mennesker er involvert i operasjon av fremtidig UAS

sammenlignet med kapasiteten som kan håndteres (f eks antall plattformer). Tilsvarende blir det lite behov for å slanke organisasjonen ved redusert behov/trussel. Behov for faktisk flygning og trening kan bli lite. Tidsperspektivet for en slik utvikling må antas å være langt (omlag 20 år).

12 KONKLUSJON

UAS representerer utvilsomt nye operative og forsvarsstrukturmessige muligheter. Dagens trender antyder at UAS vil komme stadig sterkere på banen både militært og sivilt. Det er usikkert hvorvidt UAS er en kost-effektiv vei å gå innen luftmakten for Norge på kort sikt. De mest aktuelle motivasjonene for innføring av UAS i Forsvaret på relativt kort sikt er ikke hovedsakelig økonomiske, men politiske og militærfaglige. Økonomiske besparelser i forbindelse med opprettholdelse og bruk av luftmakten kan komme på lang sikt.

Den største usikkerheten i forhold til gjennomførbarhet av en snarlig overgang til ubemannet luftrom stammer fra kulturelle og politiske forhold, og deres påvirkning på prioritering av knappe investeringsmidler.

Beslutningen om å satse på ubemannet luftrom vil i første omgang være basert på en vilje til å være blant de førende innen luftmaktstransformasjon. Dette krever aksept for risiko.

Nødvendigheten av nye konsepter innen luftmakten vil antagelig ikke bli tydelig uten en krise, der eksisterende konsepter og systemer blir bevist å være utilstrekkelige eller irrelevante. Dersom en slik krise ikke finner sted, vil en storstilt overgang til ubemannet luftrom i Norge antagelig ikke kunne finne sted før neste generasjon bemannede fly skal skiftes ut, det vil si eksempelvis når etterfølgeren til F-16 skal skiftes ut. Dette kan forventes å finne sted om 40 til 50 år fra nå.

UAS – både som supplement til og erstatning for bemannede fly – bør gjøre en gradvis entré. Norge bør selv ha operativ virksomhet så vel som både praktisk og teoretisk utviklings- og forskningsaktivitet innen UAS. Vi har allerede etablert noe aktivitet, og vi har gode forutsetninger for å videreføre denne og også for å øke omfanget. Dersom en gradvis prosess ikke finner sted, vil den sannsynlige overgangen til ubemannethet hos andre land kunne medføre at Norges luftmakt blir lite relevant i et transformert luftromsscenario.

Mange funksjoner innen luftforsvarets systemer er i dag automatiserte, og kontrollert av menneskelige operatører på avstand, støttet i stor grad av programvare og kommunikasjons-teknologi. Vi er altså egentlig allerede et godt stykke på vei mot ubemannet luftrom. Vi har akseptert automatisering i stor grad, men tilstedeværelsen av bemanningen i farkostene kamuflerer dette. På lang sikt kan dagens situasjon i forhold til argumentasjon rundt bemanning være invertert. Det vil si at det vil måtte argumenteres sterkt for behovet for bemanning snarere enn for nytten av ubemannethet.

APPENDIKS

UAS KLASSER

”HALE” – High Altitude Long Endurance

Flukthøyde	20 km
Flyvehastighet	M 0,5–0,7
Utholdenhet	> 30 timer
Operasjonsradius	> 2000 km
Nyttelastkapasitet	1000–1500 kg
Vingespenn	30–50 m
Avgangsvekt	10 000–15 000 kg



”MALE” – Medium Altitude Long Endurance

Flukthøyde	3–10 km (MALE+: 15 km)
Flyvehastighet	200–300 km/t
Utholdenhet	> 30 timer
Operasjonsradius	> 1000 km
Nyttelastkapasitet	150–250 kg
Vingespenn	10–15 m
Avgangsvekt	1000–1500 kg



”TUAV” – Tactical UAV

Flukthøyde	4 km
Flyvehastighet	200 km/t
Utholdenhet	5 t
Operasjonsradius	150 km (avh av samb)
Nyttelastkapasitet	40 kg
Avgangsvekt	300 kg
Vingespenn	4,5 m



"CML" – Cruise Missile Like UAV

Flukthøyde	50 m – 6 km
Flyvehastighet	M 0,5–0,9
Utholdenhet	> 3 t
Operasjonsradius	> 1000 km
Nyttelastkapasitet	100–200 kg
Avgangsvekt	1000–1500 kg
Lengde	5–6 m



"VTOL" – Vertical Takeoff and Landing

Flukthøyde	0–5 km
Flyvehastighet	0–300 km/t
Utholdenhet	> 4 t
Operasjonsradius	> 300 km (avh av samb)
Nyttelastkapasitet	100–150 kg
Avgangsvekt	1000–1500 kg



Mini-UAS

Flukthøyde	500 m
Utholdenhet	30 min
Operasjonsradius	< 10 km (avh av samb)
Nyttelastkapasitet	< 1 kg
Avgangsvekt	5 kg



Mikro-UAS

Flukthøyde	300 m
Utholdenhet	30 min
Operasjonsradius	< 5 km
Nyttelastkapasitet	< 100 g
Avgangsvekt	< 500 g



Litteratur

- (1) Aune, Sigbjørn (2002): (U) Effektivitets- og Kostnadsberegninger av Ulike UAV-systemer, FFI/RAPPORT-2002/03477, Begrenset
- (2) Bakstad, Lorns H. (2002): Ekstra Kostnader ved Bruk av UAV i Internasjonale Operasjoner, FFI/NOTAT-2002/03682
- (3) Jacobsen, Therese H., Gulichsen, Steinar (2006): Teknologiiinnspill til FS07 – metodikk og kostnadsestimater, FFI/RAPPORT-2006/00828
- (4) Fischer, Karl V. (2002): (U) Norsk UAV Ressurs – Gjennomgang av RFI Besvarelser, FFI/RAPPORT-2002/02779
- (5) Office of the Secretary of Defence (2005): Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005–2030
- (6) Sæthermoen, Nils A., Aune Sigbjørn (2002): (U) Vurdering av UAV for Norge, FFI/RAPPORT-2002/04011, Begrenset
- (7) Sæthermoen, Nils A. (2006): Maritime patruljefly og UAV-er, FFI/RAPPORT-2006/01122
- (8) Unmanned Systems, september 2005
- (9) Østbø, Morten (2003): Unmanned Aerial Communications Platforms, FFI/RAPPORT-2003/00423
- (10) Østbø, Morten et al (2004): Exploiting Meteorology to Enhance the Efficiency and Safety of UAV Operations, FFI/RAPPORT-2004/00981